

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

07.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   3 月 2 4 日  
Date of Application:

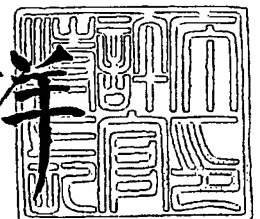
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 8 7 0 5 7  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 4 - 0 8 7 0 5 7 ]

出   願   人            日 本 精 工 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 1 7 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 204028  
【提出日】 平成16年 3月24日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01N 29/10  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内  
    【氏名】 植田 徹  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内  
    【氏名】 植田 光司  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004204  
    【氏名又は名称】 日本精工株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100066980  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 森 哲也  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100075579  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 内藤 嘉昭  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100103850  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 001638  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0205105

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

内輪と外輪との間に転動体としての複列のころが周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受であって、  
前記転動体の転動面の平均粗さを  $Ra < 0.1 \mu m$ 、前記内輪の軌道面の平均粗さを  $Ra < 0.15 \mu m$ 、前記外輪の軌道面の平均粗さを  $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$  としたことを特徴とする自動調心ころ軸受。

BEST AVAILABLE COPY

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】自動調心ころ軸受

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えば一般産業機械、工作機械、振動篩、鉄鋼用、二輪車エンジン等に使用される自動調心ころ軸受の長寿命化に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

自動調心ころ軸受は、取付け誤差や衝撃荷重により外輪や内輪が傾斜しても転動体の接触状態は変化しないため、異常荷重の発生を防止できるとともに、ラジアル負荷能力を大きくとることができる利点がある。そのため、自動調心ころ軸受は、製紙機械用の各種ロールネック軸受、車両用軸受や各種産業用軸受等としても広く利用されている。

ところで、油膜が十分に形成されたクリーンな環境下において通常の玉軸受や円筒ころ軸受は材料中に含まれる非金属介在物を起点として、疲労き裂が発生、進展する内部起点型破壊で破損する。従って、玉軸受や円筒ころ軸受においては材料の清浄度を増すことによって長寿命化を図ることができる。

## 【0003】

しかし、自動調心ころ軸受は使用条件によっては上記の軸受と異なり、クリーンな環境下で内輪表面に微小な塑性流動が形成され、そこからピーリングクラックが発生、進展してはく離に至る表面起点型の破損を生じる場合があり、材料の清浄度を上げることは自動調心ころ軸受の長寿命化に顕著な効果を示さない。

自動調心ころ軸受においては、外輪軌道面の粗さを内輪軌道面の粗さより粗くすると、寿命が延びることが従来から知られており、例えば、外輪軌道面の粗さを内輪軌道面の粗さより粗くし、スキューを制御して長寿命化を図る事例が開示されている（例えば特許文献1参照）。

## 【0004】

寿命が延びる理由としては、外輪を内輪の粗さより粗くすると、転動体が軸受の外側に傾く正のスキューが生じてアキシャル荷重を緩和するためであるとされている。また、転動体が軸受の内側に傾く負のスキューはアキシャル荷重を増幅させるため、軸受寿命には悪影響を及ぼすとされている。

【特許文献1】特公昭57-61933号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、上記特許文献1においては、単に外輪軌道面の粗さを内輪軌道面の粗さより粗くしただけでは、負のスキューが生じやすくなる場合や、負のスキューが大きくなっても寿命が延びる場合があり、スキューコントロールが寿命延長に決定的な効果があるとは言い難い。

本発明はこのような技術的背景に鑑みてなされたものであり、内輪軌道面に微小塑性流動が発生するのを抑制して、安定した長寿命化を達成することができる自動調心ころ軸受を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明者らは鋭意研究を行った結果、上記の自動調心ころ軸受に特有の破損は、転動体のスキューが直接の原因ではなく、内外輪と転動体との間に作用する接線力に起因することを見出し、大きな接線力が作用した場合に内輪の表面に発生する微小な塑性流動を起点としたはく離によって破損が生じるという知見を得た。接線力が作用すると表面近傍に微小塑性流動が生じ、ピーリングクラックの進展を助けるだけでなく、最大せん断応力位置が表面に露出し、せん断応力の値が大きくなる。すなわち、接線力は軸受の寿命に多大な悪影響を及ぼす。

## 【0007】

また、寿命に悪影響を及ぼす接線力の方向（転がり方向と同方向）と寿命への影響が小さい接線力の方向（転がり方向と反対方向）があり、転がり方向と同じ方向に接線力が作用する場合（周速が遅い側）にき裂の発生、進展が生じやすくなるという知見を得た。

したがって、自動調心ころ軸受の長寿命化を達成するには、主な破損部位である内輪の転がり方向に作用する接線力を抑制することが重要であり、接線力を抑制する手段として、内外輪および転動体の粗さのバランスを最適化することに着目し、本発明を完成するに至った。

## 【0008】

即ち、本発明は、上記目的を達成するために、内輪と外輪との間に転動体としての複列のころが周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受であって、

前記転動体の転動面の平均粗さを  $Ra < 0.1 \mu m$ 、前記内輪の軌道面の平均粗さを  $Ra < 0.15 \mu m$ 、前記外輪の軌道面の平均粗さを  $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$  としたことを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、自動調心ころ軸受の破損原因となる内輪と転動体に作用する接線力を抑制する目的で、転動体転動面の平均粗さを  $Ra < 0.1 \mu m$ 、内輪軌道面の平均粗さを  $Ra < 0.15 \mu m$ 、外輪軌道面の平均粗さを  $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$  とすることにより、内輪軌道面に微小塑性流動が発生するのを抑制し、安定した長寿命化を達成することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

以下、本発明の実施の形態の一例を図を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態の一例である自動調心ころ軸受を説明するための断面図、図2は2円筒試験機の概略図、図3は駆動側試験片の表面粗さと接線力の大きさの比との関係を示すグラフ図、図4は従動側試験片の表面粗さと接線力の大きさの比との関係を示すグラフ図、図5は荷重負荷圏での転動体が外輪から受ける接線力の方向を説明するための説明図、図6は非負荷圏での転動体が外輪から受ける接線力の方向を説明するための説明図、図7は表1の寿命比を整理したグラフ図である。

## 【0011】

本発明の実施の形態の一例である自動調心ころ軸受は、図1に示すように、図3に示すように、複列軌道11を有する内輪1と複列一体の球面軌道21を有する外輪2との間に転動体としての複列の球面ころ3が保持器4を介して周方向に転動可能に配設されており、内輪1の複列軌道11の間には案内輪12が設けられ、内輪1の軌道径は軸方向の両端部より中央部が大径とされている。

ところで、自動調心ころ軸受の破損において、主に内輪が破損する理由としては、転動体は、通常、焼戻しであるのに対して、内輪は高温焼戻しであるため、内輪は転動体と比較して硬さが低いことや、内輪は外輪と比較して面圧が高く、すべりが大きいため疲労に対して厳しい条件となることが挙げられる。

## 【0012】

内輪に働く接線力は、(A)：面圧が大きい場合、(B)：転動体転動面、内輪軌道面の粗さが大きい場合、(C)：内輪と転動体との間のすべり（周速の差）が大きい場合に大きくなる。

(A)の面圧は使用条件によってほぼ決定してしまう値であるため、内輪に働く接線力を抑制するには、(B)の対策として転動体転動面と内輪軌道面の粗さを抑えるか、あるいは(C)の対策として転動体の自転速度を抑えて内輪と転動体との間のすべりを抑制し、純転がりに近い状態にする方法が考えられる。

## 【0013】

まず、(B)について数値の臨界的意義について詳説する。

自動調心ころ軸受における内輪と転動体の表面粗さが接線力に及ぼす影響を調査するため、図2に示す2円筒試験機を用いて接線力を測定し、接線力は支持軸に取り付けたトルク計で摩擦トルクを測定することにより求めた。測定条件は最大面圧  $P_{\max} = 3.2 \text{ GPa}$ 、すべり率: 10%、潤滑油: RO68とした。

自動調心ころ軸受の内輪の周速、転動体の周速を測定、計算した結果、転動体の周速が内輪の周速を上回っていたため、転動体を模擬した試験片を駆動側に取り付けると共に、内輪を模擬した試験片を従動側に取り付け、ギヤ(ギヤ比10:9)により従動側試験片の回転数を減速することで、駆動側試験片の回転数を  $500 \text{ min}^{-1}$ 、従動側試験片の回転数を  $450 \text{ min}^{-1}$ とした。

#### 【0014】

図3は2円筒試験機によって内輪を模擬した従動側試験片の表面平均粗さを  $R_{aF} = 0.1 \mu\text{m}$ と一定にし、転動体を模擬した駆動側試験片の表面粗さを変えた場合に両試験片間に働く接線力の大きさの違いを調査した結果を示したものである。図3の接線力は駆動側試験片の表面の平均粗さ  $R_{aD} = 0.05 \mu\text{m}$ の場合の接線力を1としたときの比で示してある。

#### 【0015】

また、図4は2円筒試験機によって転動体を模擬した駆動側試験片の表面平均粗さを  $R_{aD} = 0.05 \mu\text{m}$ と一定にし、内輪を模擬した従動側試験片の表面粗さを変えた場合に両試験片間に働く接線力の大きさの違いを調査した結果を示したものである。図4の接線力は従動側試験片の表面の平均粗さ  $R_{aF} = 0.1 \mu\text{m}$ の場合の接線力を1としたときの比で示してある。

#### 【0016】

なお、駆動側、従動側の各試験片の材質は高炭素クロム鋼(SUJ2)を用い、 $830 \sim 850^{\circ}\text{C}$ で焼入れた後、 $160 \sim 240^{\circ}\text{C}$ の焼戻しを施した。その結果、転動体を模擬した駆動側試験片、内輪を模擬した従動側試験片ともに表面の粗さが大きいほど接線力は大きくなるが、駆動側試験片の表面の平均粗さが  $R_{aD} \geq 0.1 \mu\text{m}$ 、従動側試験片の表面の平均粗さが  $R_{aF} \geq 0.15 \mu\text{m}$ になると急激に接線力が大きくなる傾向にある。

#### 【0017】

したがって、内輪と転動体に作用する接線力を抑えるには内輪軌道面の平均粗さを  $R_a < 0.15 \mu\text{m}$ 、転動体転動面の平均粗さを  $R_a < 0.1 \mu\text{m}$ とすることが効果的であるが、後述する寿命試験結果から判断して、望ましくは内輪軌道面の平均粗さを  $R_a < 0.1 \mu\text{m}$ 、転動体転動面の平均粗さを  $R_a < 0.05 \mu\text{m}$ とする。下限値は製造上の限界から内輪軌道面の平均粗さを  $R_a > 0.001 \mu\text{m}$ 、転動体転動面の平均粗さを  $R_a > 0.001 \mu\text{m}$ とする。

また、内輪と転動体に作用する接線力を抑制する別の手段としては、上記(C)の転動体の自転速度を抑えて内輪と転動体との間のすべりを抑制し、純転がりに近い状態にすることが挙げられる。

#### 【0018】

転動体の自転速度を抑える具体的方法として、外輪軌道面の表面粗さを粗くすることに着目し、その説明図を模式的に図5及び図6に示す。

図5及び図6はそれぞれ荷重負荷圏と無負荷圏において転動体が外輪から受ける接線力の方角を示したものである。通常、荷重負荷圏では転動体の自転速度は転動体の公転速度より速くなる。したがって、図5に示すように、外輪と転動体との間に働く接線力は転動体の自転速度を抑制する方向に働く。

#### 【0019】

一方、非負荷圏では、転動体の自転速度は公転速度より遅くなる。したがって、図6に示すように、外輪と転動体との間に働く接線力は転動体の自転速度を大きくする方向に働く。即ち、外輪軌道面の表面粗さを大きくすると、図3及び図4の2円筒試験の結果からも明らかなように、外輪と転動体との間に働く接線力を大きくし、転動体の自転をコントロールして内輪と転動体と間のすべりを抑えることができる。

特に、破壊が進行する荷重負荷圏において、転動体は外輪から自転速度を抑制する方向に接線力を受けて、内輪と転動体との間の速度差（すべり）によって作用する接線力を抑え、内輪の破損に対して長寿命となる。

#### 【0020】

長寿命に効果的な外輪軌道面の平均粗さの程度としては、図3及び図4に示した2円筒試験の結果から判断すると、外輪軌道面の平均粗さを $Ra \geq 0.1 \mu m$ とすることで外輪と転動体との間の接線力が大きくなり、自転速度を抑制することが可能であると考えられる。外輪軌道面の平均粗さを大きくすると内輪の破損を抑制することができるが、外輪には当然大きな接線力が作用するため、外輪軌道面の平均粗さを大きくしすぎると今度は外輪が破損することになる。後述するように、外輪軌道面の平均粗さ $Ra > 0.5 \mu m$ になると外輪破損により逆に短寿命となる。

したがって、外輪軌道面の平均粗さを $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$ とすることによって、外輪と転動体に働く接線力を外輪はく離が起こらない程度に大きくして転動体の自転速度を抑制し、内輪と転動体に作用する接線力を抑えて自動調心ころ軸受の長寿命化を図ることができる。

#### 【実施例】

##### 【0021】

本発明の効果を確認するために以下の実験を行った。実験には、自動調心ころ軸受型番22211を用いた。内外輪、転動体は高炭素クロム軸受鋼（S U J 2）を用い、上述した熱処理を施した。転動体転動面の平均粗さ $Ra < 0.1 \mu m$ 、内輪軌道面の平均粗さ $Ra < 0.15 \mu m$ 、外輪軌道面の平均粗さ $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$ を満足している自動調心ころ軸受を本発明の実施例とし、上記のいずれかの範囲が満たされていない自動調心ころ軸受を比較例として寿命比較試験を行った。

##### 【0022】

試験条件は次の通りである。

回転数： $1500 \text{ min}^{-1}$

試験荷重： $45217 \text{ N}$

潤滑条件：R O 6 8

表1に試験結果を示す。寿命は最も短寿命であった比較例1の値を1とした比で示してある。図7は表1の結果をもとに、本発明の実施例と比較例の寿命を図にまとめたものである。

##### 【0023】

【表1】

	外輪の平均粗さ ( $\mu m$ )	内輪の平均粗さ ( $\mu m$ )	転動体の平均粗さ ( $\mu m$ )	寿命比	備考
実施例1	0.164	0.08	0.012	15.4	
実施例2	0.153	0.083	0.026	13.3	
実施例3	0.144	0.115	0.039	11	
実施例4	0.147	0.116	0.04	12.7	
実施例5	0.163	0.094	0.033	14.2	
実施例6	0.152	0.143	0.095	9.6	内輪、転動体粗さ上限品
実施例7	0.488	0.097	0.03	18	外輪粗さ上限品
実施例8	0.102	0.092	0.047	10.9	外輪粗さ下限品
比較例1	0.089	0.166	0.108	1	外輪、内輪、転動体粗さ範囲外
比較例2	0.082	0.161	0.035	2.8	外輪、内輪粗さ範囲外
比較例3	0.093	0.117	0.035	4.5	外輪粗さ下限未満
比較例4	0.556	0.109	0.03	5.5	外輪粗さ上限超え

## 【0024】

表1から明らかなように、比較例2のように、転動体転動面の平均粗さを $Ra < 0.1 \mu m$ とするだけでも、外輪、内輪、転動体の粗さが本発明範囲外である比較例1の約3倍の寿命延長効果が得られ、更に、比較例3、4のように、内輪軌道面の平均粗さを $Ra < 0.15 \mu m$ とすることによって、比較例1の約5倍の寿命が得られるが、本発明の実施例1～8のように、転動体転動面の平均粗さを $Ra < 0.1 \mu m$ 、内輪軌道面の平均粗さを $Ra < 0.15 \mu m$ とすることに加えて、外輪軌道面の平均粗さを $0.1 \mu m \leq Ra \leq 0.5 \mu m$ とすることによって比較例1の10倍以上の寿命延長が達成可能であることが判る。

## 【0025】

即ち、この結果は転動体の転動面や内輪軌道面の表面粗さを小さくすることによって、内輪と転動体との間に働く接線力を抑制して寿命は延びるが、さらに外輪軌道面の表面粗さを粗くすることによって荷重負荷圏における転動体の自転運動を抑制し、内輪に働く接線力がさらに小さくなることで本発明範囲外である軸受の10倍以上寿命が延びたことを示すものである。

但し、表1の比較例4のように外輪軌道面の平均粗さを $Ra > 0.5 \mu m$ と粗くしすぎると内輪のはく離は抑制されるが、逆に外輪のはく離して軸受の寿命延長効果は得られないので、外輪軌道面の平均粗さは $Ra \leq 0.5 \mu m$ とする必要がある。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0026】

【図1】本発明の実施の形態の一例である自動調心ころ軸受を説明するための断面図である。

【図2】2円筒試験機の概略図である。

【図3】駆動側試験片の表面粗さと接線力の大きさの比との関係を示すグラフ図である。

【図4】従動側試験片の表面粗さと接線力の大きさの比との関係を示すグラフ図である。

【図5】荷重負荷圏での転動体が外輪から受ける接線力の方向を説明するための説明図である。

【図6】非負荷圏での転動体が外輪から受ける接線力の方向を説明するための説明図である。

【図7】表1の寿命比を整理したグラフ図である。

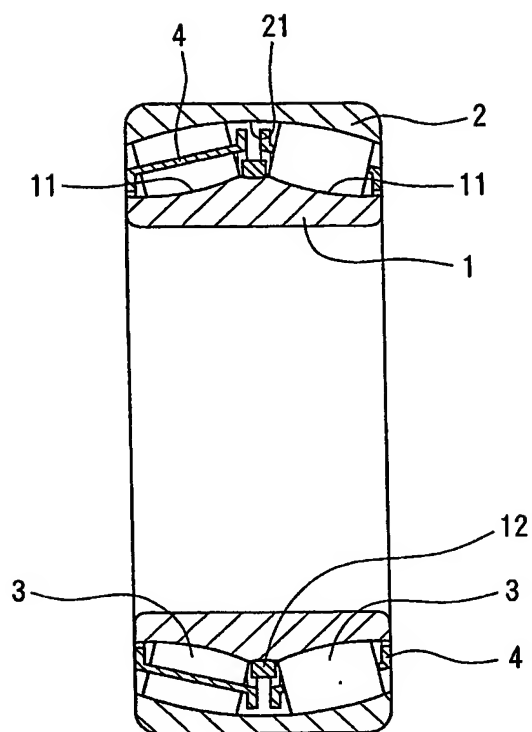
## 【符号の説明】

## 【0027】

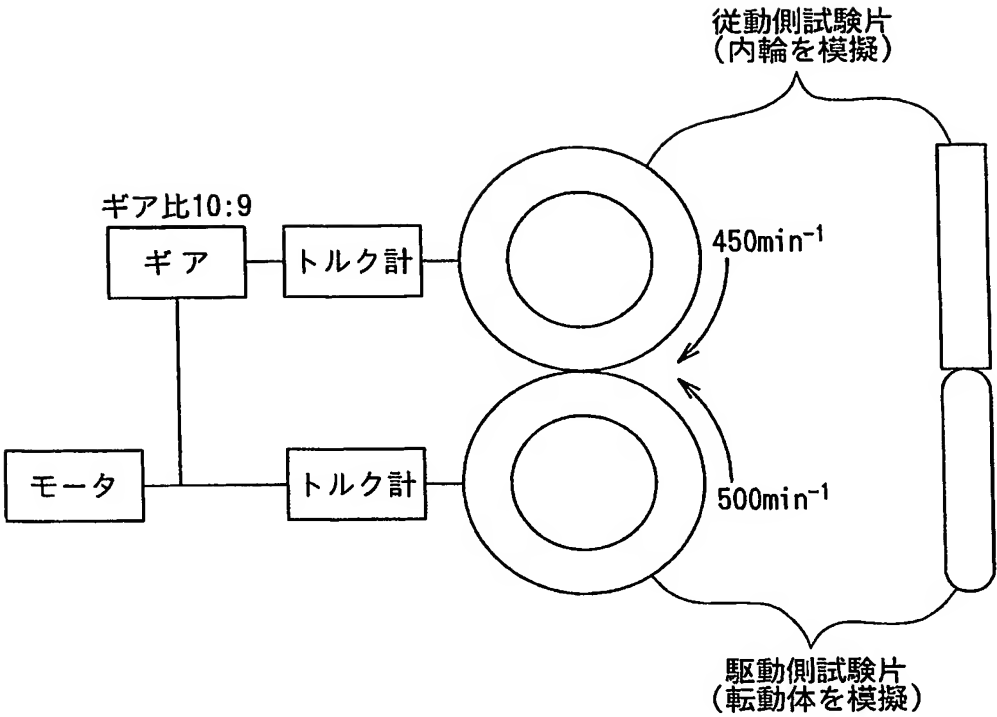
- 1 内輪
- 2 外輪
- 3 球面ころ（転動体）



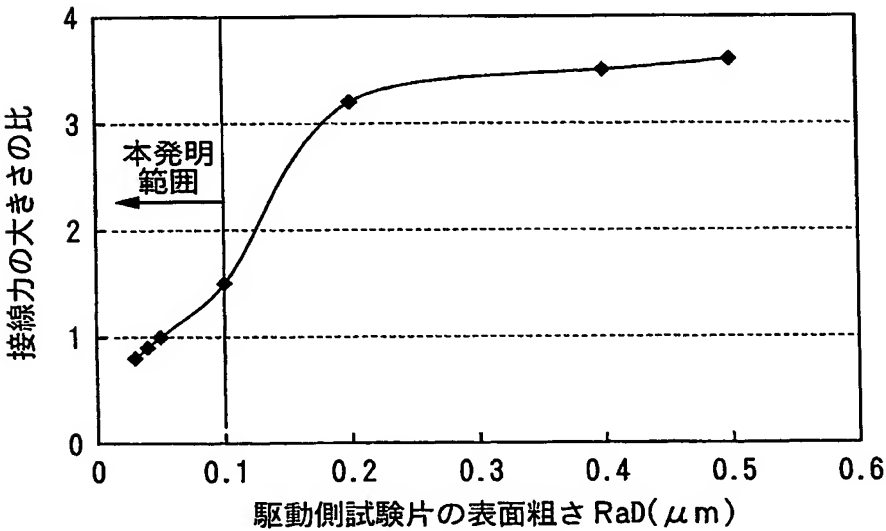
【書類名】 図面  
【図 1】



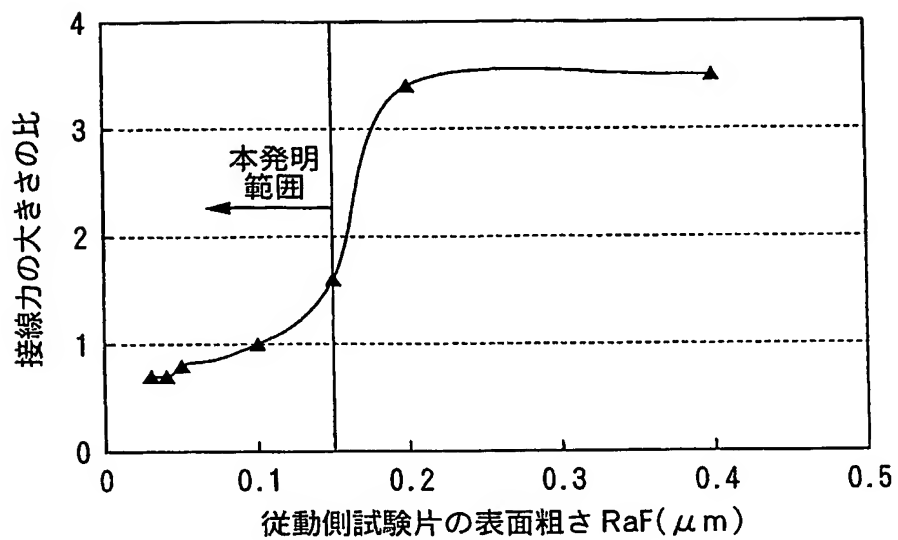
【図 2】



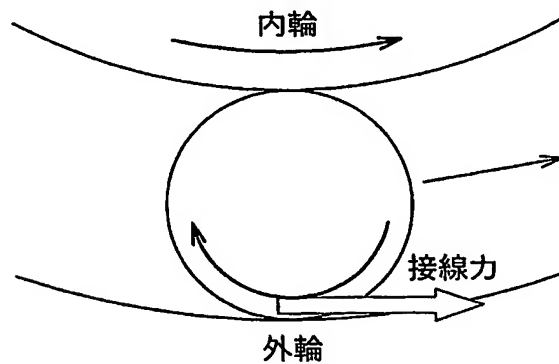
【図 3】



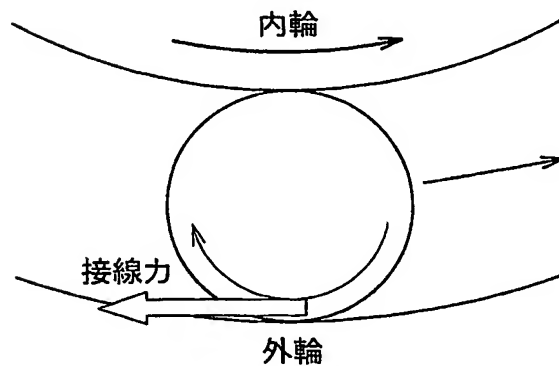
【図 4】



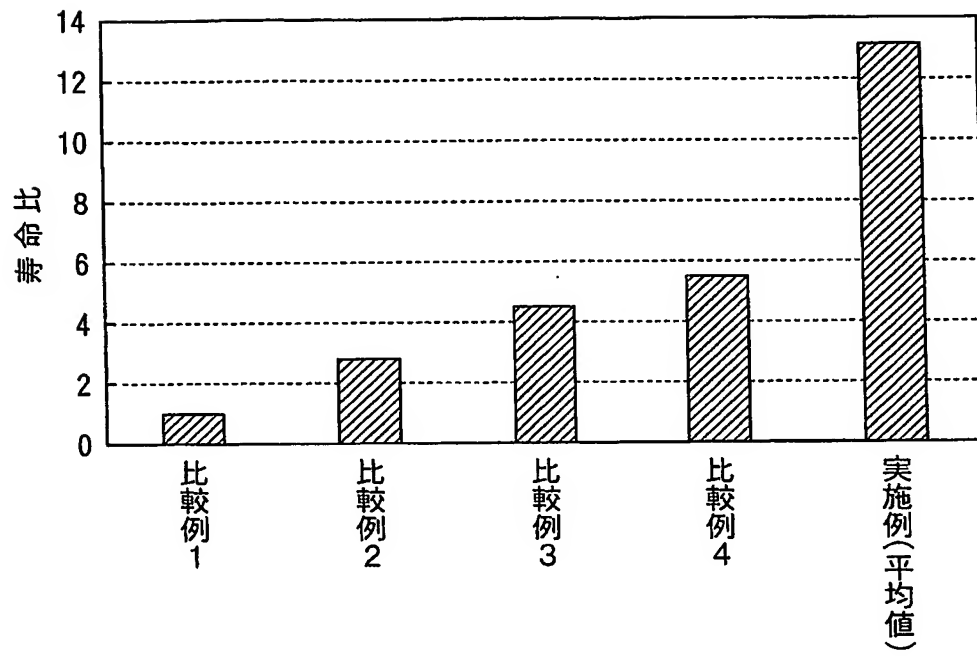
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 内輪軌道面に微小塑性流動が発生するのを抑制して、安定した長寿命化を達成する。

【解決手段】 内輪 1 と外輪 2 との間に転動体としての複列のころ 3 が周方向に転動可能に配設された自動調心ころ軸受であって、転動体 3 の転動面の平均粗さを  $R_a < 0.1 \mu\text{m}$ 、内輪 1 の軌道面の平均粗さを  $R_a < 0.15 \mu\text{m}$ 、外輪 2 の軌道面の平均粗さを  $0.1 \mu\text{m} \leq R_a \leq 0.5 \mu\text{m}$  とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 8 7 0 5 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 0 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

氏 名

日本精工株式会社

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017212

International filing date: 12 November 2004 (12.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-087057  
Filing date: 24 March 2004 (24.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse